

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Prinsip Dasar Sistem Air Bersih**

Sistem distribusi air bersih merupakan sistem pemipaan yang disiapkan di dalam bangunan maupun di luar bangunan guna mengalirkan air bersih dari sumbernya hingga menuju outlet (keluaran). Sistem distribusi air bersih dibuat guna memenuhi kebutuhan akan air bersih yang layak konsumsi. Dalam sistem penyediaan air bersih terdapat hal penting yang harus diperhatikan yaitu kualitas air yang akan didistribusikan, sistem penyediaan air yang akan digunakan, pencegahan pencemaran air dalam sistem, laju aliran dalam pipa, kecepatan aliran dan tekanan air. Komponen utama dari sistem distribusi air bersih adalah sistem jaringan pipa. Adapaun kemungkinan terjadinya permasalahan pada jaringan pipa seperti kebocoran, terjadinya kerusakan pipa atau komponen lainnya, besarnya energi yang hilang dan penurunan tingkat pelayanan penyediaan air bersih untuk konsumen.

##### **2.1.1 Sumber Air Bersih**

Sumber air adalah tempat atau wadah air alami dan/atau buatan yang terdapat pada, diatas, ataupun dibawah permukaan tanah. Sumber air bersih pada bangunan dapat diperoleh dari beberapa sumber, (SNI 03-6481-2000) yaitu :

##### ***1. Sumber air PDAM***

Sumber air yang didapat dari PDAM sudah melewati tahapan secara klinis untuk memenuhi standart kebutuhan air bersih. Sumber air PDAM juga bersifat kontinu atau dapat menyuplai kebutuhan air bersih selama 24 jam. Sumber air ini dapat langsung ditampung pada tangki air bawah (*Ground Water Tank*) yang lalu dipompakan ke tangki air atas (*roof tank*).

## **2. Sumber air Deep Wheel**

Sumber air bersih yang didapat dari *deep well* tidak kontinu seperti sumber air bersih dari PDAM. Sumber air yang didapat dari pengeboran harus dilakukan pemeriksaan terlebih dahulu untuk memastikan telah memenuhi syarat air bersih. Jika belum memenuhi persyaratan, maka air harus diolah terlebih dahulu sebelum ditampung pada tangki air bawah (*Ground Water Tank*). Jika air dari *deep wheel* telah memenuhi persyaratan dapat langsung dialirkan untuk dapat ditampung pada tangki air bawah. (SNI 03-7065-2005)

### **2.1.2 Syarat Air Bersih**

Menurut SNI 03-7065-2005 Kriteria air bersih meliputi tiga aspek yaitu kualitas, kuantitas dan kontinuitas. Disamping itu pula harus memenuhi persyaratan tekanan air.

#### **a. Syarat Kualitas**

Air bersih adalah air yang memenuhi persyaratan bagi sistem penyediaan air minum. Adapun persyaratan yang dimaksud adalah persyaratan dari segi kualitas air yang meliputi kualitas fisik, kimia, biologi dan radiologis, sehingga apabila dikonsumsi tidak menimbulkan efek samping.

#### **b. Syarat Kuantitas**

Air bersih yang masuk ke dalam bangunan atau masuk ke dalam sistem plambing harus memenuhi syarat dari aspek kuantitas, yaitu kapasitas air bersih harus mencukupi untuk berbagai kebutuhan bangunan tersebut. Untuk menghitung besarnya kebutuhan air bersih dalam bangunan didasarkan pada pendekatan jumlah penghuni bangunan dan jumlah unit beban alat plambing.

#### **c. Syarat Kontinuitas**

Persyaratan kontinuitas untuk penyediaan air bersih sangat erat hubungannya dengan kuantitas air yang tersedia yaitu air baku yang ada di alam. Artinya, kontinuitas disini adalah bahwa air baku untuk air bersih tersebut dapat diambil terus menerus dengan fluktuasi debit yang relatif tetap, baik pada saat musim kemarau maupun musim hujan.

#### ***d. Syarat Tekanan***

Tekanan air yang kurang mencukupi akan menimbulkan kesulitan dalam pemakaian air. Tekanan yang berlebihan dapat menimbulkan rasa sakit terkena pancaran air serta mempercepat kerusakan peralatan plambing, dan menambah kemungkinan timbulnya pukulan air. Besarnya tekanan air yang baik berkisar dalam suatu daerah yang agak lebar dan bergantung pada persyaratan pemakaian atau alat yang harus dilayani. Tekanan air yang berada pada sistem plambing (pada pipa) tekanannya harus sesuai dengan ketentuan yang berlaku, diantaranya yaitu, untuk perumahan dan hotel antara 2,5 kg/cm<sup>2</sup> atau 25 meter kolom air (mka) sampai 3,5 kg/cm<sup>2</sup> atau 35 meter kolom air (mka). Tekanan tersebut tergantung dari peraturan setempat. (SNI 03-6481-2000)

#### **2.1.3 Pencegahan Pencemaran Air**

Adapun beberapa contoh pencemaran dan pencegahannya adalah (*Soufyan M.Noerbambang dan Takeo Morimura, 2000*) :

##### ***1. Larangan hubungan pintas***

Hubungan pintas (*cross connection*) adalah hubungan fisik antara dua sistem pipa yang berbeda, satu sistem pipa untuk air bersih dan sistem pipa lainnya berisi air yang tidak diketahui atau diragukan kualitasnya, di mana air akan dapat mengalir dari satu sistem ke sistem lainnya. Demikian pula sistem penyediaan air bersih tidak boleh dihubungkan dengan sistem perpipaan lainnya. Sistem perpipaan air bersih dan peralatannya tidak boleh terendam dalam air kotor atau bahan lain yang tercemar.

##### ***2. Pencegahan aliran balik***

Aliran balik (*back flow*) adalah aliran air atau cairan lain, zat atau campuran, ke dalam sistem perpipaan air bersih, yang berasal dari sumber lain yang bukan untuk air bersih. Aliran balik tidak dapat dipisahkan dari hubungan pintas dan ini disebabkan oleh terjadinya efek siphon-balik (*back siphonage*). Efek siphon-balik terjadi karena masuknya aliran ke dalam pipa air bersih dari air bekas, air tercemar, dari peralatan saniter atau tangki,

disebabkan oleh timbulnya tekanan negatif dalam pipa. Tekanan negatif dalam sistem pipa sering disebabkan oleh terhentinya penyediaan air atau karena pertambahan kecepatan aliran yang cukup besar dalam pipa. Pencegahan aliran balik dapat dilakukan dengan menyediakan celah udara atau memasang penahan aliran-balik.

### 3. *Pukulan air*

Penyebab pukulan air bila aliran dalam pipa dihentikan secara mendadak oleh keran atau katup, tekanan air pada sisi atas akan meningkat dengan tajam dan menimbulkan gelombang tekanan yang akan merambat dengan kecepatan tertentu, dan kemudian dipantulkan kembali ke tempat semula. Gejala ini menimbulkan kenaikan tekanan yang sangat tajam sehingga menyerupai suatu pukulan dan dinamakan gejala pukulan air (*water hammer*). Pukulan air cenderung terjadi dalam keadaan sebagai berikut (*Soufyan M.Noerbambang dan Takeo Morimura, 2000*):

- a. Tempat-tempat di mana katup ditutup/dibuka mendadak;
- b. Keadaan di mana tekanan air dalam pipa selalu tinggi;
- c. Keadaan di mana kecepatan air dalam pipa selalu tinggi;
- d. Keadaan di mana banyak jalur ke atas dan ke bawah dalam sistem pipa;
- e. Keadaan di mana banyak belokan dibandingkan jalur lurus;
- f. Keadaan di mana temperatur air tinggi.

#### 2.1.4 Sistem Penyediaan Air Bersih

Menurut Noerbambang, S.M., dan Takeo, M. (2000), ada beberapa sistem penyediaan air bersih yang banyak digunakan, yaitu sebagai berikut :

##### a. *Sistem Sambungan Langsung*

Pada sistem ini, pipa distribusi dalam gedung disambung langsung dengan pipa utama penyediaan air bersih. Sistem ini dapat diterapkan untuk perumahan dan gedung-gedung kecil dan rendah, karena pada umumnya pada perumahan dan gedung kecil tekanan dalam pipa utama terbatas dan dibatasinya ukuran pipa cabang dari pipa utama. Ukuran pipa cabang biasanya diatur dan ditetapkan oleh Perusahaan Air Minum. Tangki

pemanas air biasanya tidak disambung langsung kepada pipa distribusi, dan dibeberapa daerah tidak diizinkan memasang katup gelontor.

***b. Sistem Tangki Atap***

Pada sistem ini, air ditampung lebih dahulu dalam tangki bawah (dipasang pada lantai terendah bangunan atau dibawah muka tanah), kemudian dipompakan ke suatu tangki atas yang biasanya dipasang di atas atap atau di atas lantai tertinggi bangunan. Dari tangki ini, air didistribusikan ke seluruh bangunan. Sistem ini diterapkan karena alasan-alasan sebagai berikut :

1. Selama airnya digunakan, perubahan tekanan yang terjadi pada alat plambing hampir tidak berarti. Perubahan tekanan ini hanyalah akibat perubahan muka air dalam tangki atap.
2. Sistem pompa yang menaikkan air ke tangki atap bekerja secara otomatis dengan cara yang sangat sederhana sehingga kecil sekali kemungkinan timbulnya kesulitan. Pompa biasanya dijalankan dan dimatikan oleh alat yang mendeteksi muka dalam tangki atap.
3. Perawatan tangki atap sangat sederhana bila dibandingkan dengan misalnya tangki tekan.

Hal terpenting dalam sistem tangki atap ini adalah menentukan letak tangki atap tersebut, penentuan ini harus didasarkan atas jenis alat plambing yang dipasang pada lantai tertinggi bangunan dan yang menuntut tekanan kerja tinggi.

Prinsip sistem ini adalah sebagai berikut : air yang telah ditampung dalam tangki bawah, dipompakan ke dalam suatu bejana (tangki) tertutup sehingga udara di dalamnya terkompresi. Air dari tangki tersebut dialirkan ke dalam sistem distribusi bangunan. Pompa bekerja secara otomatis yang diatur oleh suatu detektor tekanan. Daerah fluktuasi biasanya ditetapkan 1-1.5 kg/cm<sup>2</sup>. Sistem tangki tekan biasanya dirancang sedemikian rupa agar volume udara tidak lebih dari 30% terhadap volume tangki dan 70% volume tangki berisi air. Jika awalnya tangki tekan berisi udara bertekanan atmosfer, kemudian diisi air, maka volume air yang akan mengalir hanya 10% volume tangki. Kelebihan sistem tangki tekan adalah: Dari segi estetika tidak menyolok jika dibandingkan dengan tangki atap, mudah perawatannya karena dapat dipasang dalam ruang dan harga awal lebih rendah dibandingkan dengan tangki yang harus dipasang di atas menara.

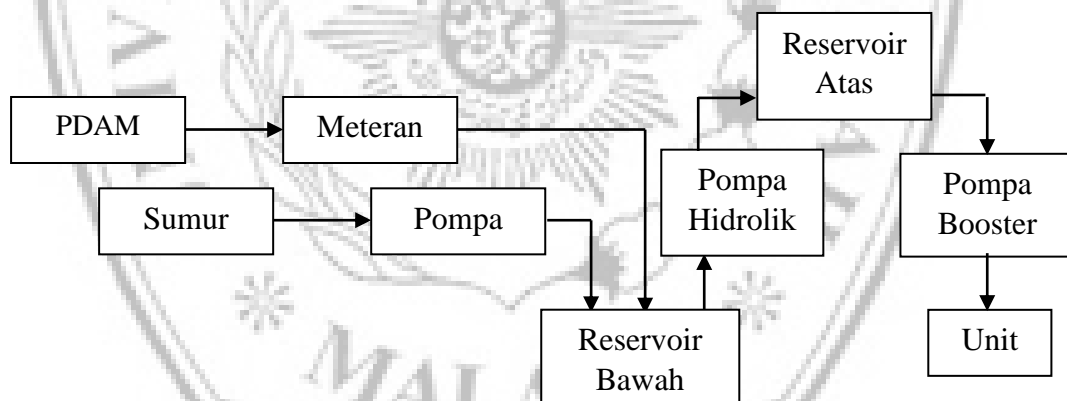
Dalam sistem ini tidak digunakan tangki apapun, baik tangki bawah, tangki tekan maupun tangki atap. Air dipompakan langsung ke sistem distribusi bangunan dan pompa menghisap air langsung dari pipa utama (misal : pipa utama PDAM). Ada dua macam pelaksanaan sistem ini, dikaitkan dengan kecepatan putaran pompa konstan dan variabel. Namun sistem ini dilarang di Indonesia, baik oleh perusahaan air minum maupun pada pipa-pipa utama dalam pemukiman khusus (tidak untuk umum).

### 2.1.5 Sistem Pemipaan Air Bersih Pada Bangunan

Sistem pemipaan air bersih dalam bangunan terdiri atas dua sistem yaitu sistem Down Feed dan Sistem Up Feed. Kedua sistem ini biasanya digunakan untuk distribusi air bersih pada bangunan midle rise dan high rise. (Noerbambang, S.M., dan Takeo, M. , 2000)

- ***Sistem Down Feed***

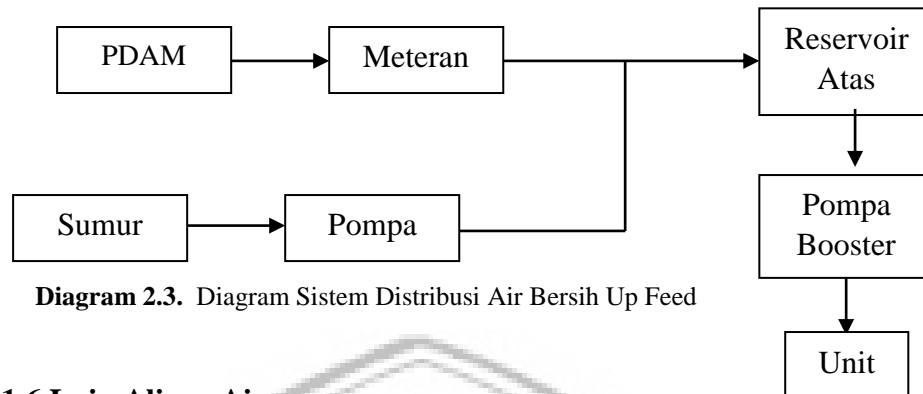
Sistem ini adalah sistem distribusi air bersih pada bangunan dengan menggunakan reservoir bawah sebagai media untuk menampung debit air yang disuplai oleh sumur resapan dan PDAM sebelum didistribusikan ke reservoir atas oleh pompa hidrolik. Biasanya pada bangunan multi lantai dan high rise, reservoir bawah diletakkan di basement paling bawah dengan volume untuk menampung  $\frac{2}{3}$  dari kebutuhan air bersih dan reservoir atas diletakkan dilantai atap dengan volume  $\frac{1}{3}$  dari kebutuhan air bersih.



**Gambar 2.2.** Diagram Sistem Distribusi Air Bersih Down Feed

- ***Sistem Up Feed***

Pada sistem up feed, distribusi air bersih tidak menggunakan reservoir bawah seperti pada down feed dengan asumsi sumber air bersih berasal dari PDAM dan sumur. Perbedaanya pada sistem ini air bersih dari sumber air langsung menuju ke reservoir atas. Dari reservoir atas didistribusikan ke dalam bangunan memakai pompa booster untuk menyamakan tekanan airnya. Volume reservoir atas menjadi lebih besar karena merupakan wadah satu-satunya untuk menyimpan cadangan air bersih.



**Diagram 2.3.** Diagram Sistem Distribusi Air Bersih Up Feed

### 2.1.6 Laju Aliran Air

Dalam perancangan sistem penyediaan air untuk suatu bangunan, kapasitas peralatan dan ukuran pipa-pipa didasarkan pada jumlah dan laju aliran air yang harus disediakan untuk bangunan tersebut. Jumlah dan laju aliran air tersebut seharusnya diperoleh dari keadaan sesungguhnya, dan kemudian dibuat angka-angka peramalan yang sedapat mungkin mendekati keadaan sesungguhnya setelah bangunan digunakan. Besarnya laju aliran air dapat ditentukan dengan dua cara yaitu, berdasarkan jumlah penghuni dan berdasarkan unit beban alat plambing.

**Tabel 2.1.** Pemakaian Air Dingin Minimum Sesuai Penggunaan Gedung

No	Penggunaan Gedung	Pemakaian Air	Satuan
1	Rumah Tinggal	120	Liter/penghuni/hari
2	Rumah Susun	100 <sup>(1)</sup>	Liter/penghuni/hari
3	Asrama	120	Liter/penghuni/hari
4	Rumah Sakit	500 <sup>(2)</sup>	Liter/siswa/hari
5	Sekolah Dasar	40	Liter/siswa/hari
6	SLTP	50	Liter/siswa/hari
7	SMU/SMK dan Lebih tinggi	80	Liter/siswa/hari
8	Ruko/Rukan	100	Liter/penghuni dan pegawai/hari
9	Kantor/Pabrik	50	Liter/pegawai/hari
10	Toserba, Toko Pengecer	5	Liter/m <sup>2</sup>
11	Restoran	15	Liter/kursi
12	Hotel Berbintang	250	Liter/tempat tidur/hari
13	Hotel Melati/Penginapan	150	Liter/tempat tidur/hari
14	Gedung Pertunjukan, Bioskop	10	Liter/kursi
15	Gedung Serba Guna	25	Liter/kursi



16	Stasiun/Terminal	3	Liter/penumpang tiba dan pergi
17	Peribadatan	5	Liter/orang belum dengan air wudhu

Sumber : SNI 03-7065-2005

**Tabel 2.2.** Laju Aliran Air Berdasarkan Nilai Unit Alat Plambing Kumulatif

Sistem Penyediaan Tangki Gelontor		Sistem Penyediaan Katup Gelontor	
Load Water Supply Fixture Units (WSFU)	Demand Liter/second	Load Water Supply Fixture Units (WSFU)	Demand Liter/second
1	0,19		
2	0,32		
3	0,41		
4	0,51		
5	0,59	5	0,95
6	0,68	6	1,10
7	0,74	7	1,25
8	0,81	8	1,40
9	0,86	9	1,55
10	0,92	10	1,70
12	1,01	12	1,80
14	1,07	14	1,91
16	1,14	16	2,01
18	1,19	18	2,11
20	1,24	20	2,21
25	1,36	25	2,40
30	1,47	30	2,65
35	1,57	35	2,78
40	1,66	40	2,90
45	1,76	45	3,03
50	1,84	50	3,15
60	2,02	60	3,41
70	2,21	70	3,66
80	2,41	80	3,86
90	2,59	90	4,06

---

100	2,74	100	4,26
120	3,03	120	4,61
140	3,31	140	4,86
160	3,60	160	5,11
180	3,85	180	5,39
200	4,10	200	5,68
250	4,73	250	6,37
300	5,36	300	6,81
400	6,62	400	8,01
500	7,82	500	9,02
750	10,73	750	11,17
1000	13,12	1000	13,12
1250	15,08	1250	15,08
1500	16,97	1500	16,97
2000	20,50	2000	20,50
2500	23,97	2500	23,97
3000	27,32	3000	27,32
4000	33,12	4000	33,12
5000	37,41	5000	37,41

---

*Sumber : Pedoman Plumbing Indonesia*

Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk menaksir besarnya laju aliran air, diantaranya adalah sebagai berikut :

**a. Berdasarkan Jumlah Pemakai**

Metode ini didasarkan atas pemakaian air rata-rata sehari dari setiap penghuni, dan perkiraan jumlah penghuni. Dengan demikian jumlah pemakaian air sehari dapat diperkirakan, walaupun jenis maupun jumlah alat plumbing belum ditentukan. Apabila jumlah penghuni diketahui, maka angka tersebut dipakai untuk menghitung pemakaian air rata-rata sehari berdasarkan "standar" mengenai pemakaian air per orang per hari untuk sifat penggunaan gedung tersebut. Angka pemakaian air yang diperoleh dengan metode ini biasanya digunakan

untuk menetapkan volume tangki bawah, tangki atap, pompa, dsb. (SNI 03-6481-2000)

➤ **Perhitungan Jumlah Penghuni**

Jumlah penghuni :

$$\frac{\text{Luas Bangunan / ruangan}}{\text{Beban penghunian}} \dots\dots\dots (2.1)$$

➤ **Pemakaian Air Rata-Rata Perhari**

$$Q_h = \frac{Q_d}{T} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :  $Q_d$  = Jumlah penghuni x pemakaian air per orang/hari.

$Q_h$  = Pemakaian air rata-rata ( $\text{m}^3/\text{hari}$ )

$Q_d$  = Pemakaian air rata-rata sehari ( $\text{m}^3/\text{hari}$ )

$T$  = Jangka waktu pemakaian (h)

➤ **Pemakaian Air Pada Jam Puncak**

$$Q_{h-\max} = (C_1) \times (Q_h) \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana konstanta untuk “ $C_1$ ” antara 1.5 sampai 2.0 tergantung kepada lokasi, sifat penggunaan gedung dan sebagainya, konstanta untuk “ $C_2$ ” antara 3,0 sampai 4,0. Sedangkan pemakaian air pada menit

puncak dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

$$Q_{m-\max} = \frac{(C_2) \times (Q_h)}{60} \dots\dots\dots (2.4)$$

**b. Berdasarkan Jenis dan Jumlah Alat Plumbing**

Metode ini digunakan apabila kondisi pemakaian alat plumbing dapat diketahui, misalnya untuk perumahan atau gedung kecil lainnya. Juga harus diketahui jumlah dari setiap jenis alat plumbing dalam gedung tersebut.

**Tabel 2.3.** Faktor Pemakaian Dan Jumlah Alat Plambing

Jumlah Alat Plambing Jenis Alat Plambing	1	2	4	8	12	16	24	32	40	50	70	100
Kloset dengan katup gelontor	1	50 Satu	50 2	40 3	30 4	27 5	23 6	19 7	17 7	15 8	12 9	10 10
Alat plambing biasa	1	100 Dua	75 3	55 5	48 6	45 7	42 10	40 13	39 16	38 19	35 25	33 33

Sumber : Noerbambang, Soufyan & Morimura, Takeo, (2000)

Untuk menghitung faktor pemakaian dapat dilihat pada rumus berikut ini :

$$Y_n = Y_1 - \left[ (Y_1 - Y_2) \times \frac{(X_n - X_1)}{(X_2 - X_1)} \right] \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana :  $Y_n$  = Faktor pemakaian (%)

$Y_1$  = Jenis alat plambing pada jumlah 1

$Y_2$  = Jenis alat plambing pada jumlah 2

$X_1$  = Jumlah alat plambing 1

$X_2$  = Jumlah alat plambing 2

$X_n$  = Jumlah alat plambing yang akan dicari

**Tabel 2.4.** Pemakaian Air Tiap Alat Plambing

No	Nama alat plambing	Pemakaian air untuk penggunaan satu kali (liter)	Penggunaan per jam	Laju aliran air (liter/menit)	Waktu untuk pengisian (detik)
1	Kloset (dengan katup gelontor)	13,5-16,5 <sup>1)</sup>	6 - 12	110-180	8,2-10
2	Kloset (dengan tangki gelontor)	13-15	6 - 12	15	60
3	Peturasan (dengan katup gelontor)	5	12 - 20	30	10
4	Peturasan, 2-4 orang (dengan tangki gelontor)	9-18 (@4,5)	12	1,8-3,6	300
5	Peturasan, 5-7 orang (dengan tangki gelontor)	22,5-31,5 (@4,5)	12	4,5-6,3	300

6	Bak cuci tangan kecil	3	12 - 20	10	18
7	Bak cuci tangan biasa ( <i>lavatory</i> )	10	6 - 12	15	40
8	Bak cuci dapur ( <i>sink</i> ) dengan keran 13 mm	15	6 - 12	15	60
9	Bak cuci dapur ( <i>sink</i> ) dengan keran 22 mm	25	6-12	25	60
10	Bak mandi rendam ( <i>bath tub</i> )	125	3	30	250
11	Pancuran mandi ( <i>shower</i> )	24-60		12	120-300
12	Bak mandi gaya Jepang	Tergantung ukurannya	3	30	

Sumber : Noerbambang, Soufyan & Morimura, Takeo, (2000)

### c. Berdasarkan Unit Beban Alat Plumbing

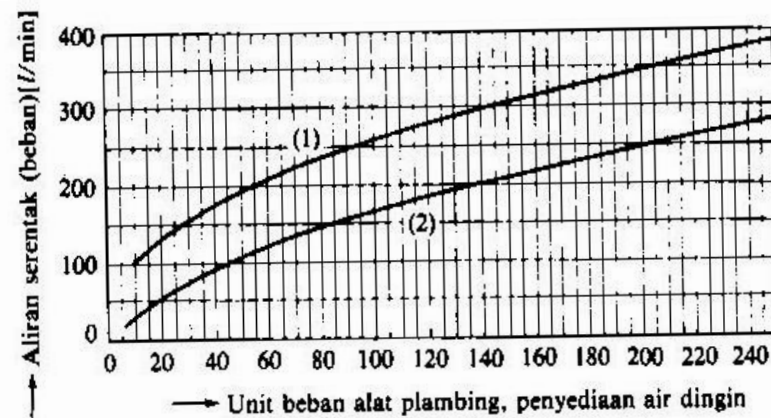
Pada metode ini untuk setiap alat plumbing ditetapkan suatu unit beban (*fixture unit*). Untuk setiap bagian pipa dijumlahkan unit beban dari semua alat plumbing yang dilayaninya, dan kemudian dicari besarnya laju aliran air dengan kurva. Kurva ini memberikan hubungan antara jumlah unit beban alat plumbing dengan laju aliran air, dengan memasukkan faktor kemungkinan penggunaan serempak dari alat-alat plumbing. (Noerbambang, Soufyan & Morimura, Takeo, 2000)

**Tabel 2.5.** Unit Beban Alat Plumbing

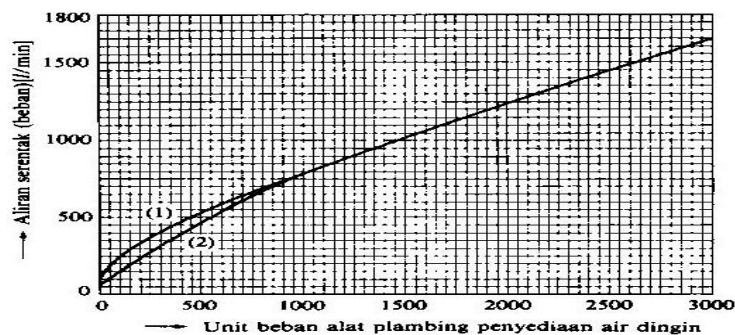
Jenis Alat Plumbing	Jenis Penyediaan Air	Unit Alat Plumbing		Keterangan
		Pribadi	Umum	
Kloset	Katup gelontor	6	10	
Kloset	Tangki gelontor	3	5	
Peturasan dengan tiang	Katup gelontor		10	
Peturasan terbuka ( <i>urinall stall</i> )	Katup gelontor		5	
Peturasan terbuka ( <i>urinall stall</i> )	Tangki gelontor		3	
Bak cuci (kecil)	Keran	0.5	1	

Bak cuci tangan	Keran	1	2	
Bak mandi rendam (Bath Tub)	Keran pencampur air dingin dan panas	2	4	
Pancuran mandi (Shower)	Keran pencampur air dingin dan panas	2	4	
Pancuran mandi tunggal	Keran pencampur air dingin dan panas	2		
Bak cuci bersama	(untuk tiap keran)		2	
Bak cuci pel	Keran	3	4	Gedung kantor, dsb.
Bak cuci dapur	Keran	2	4	Untuk umum : hotel atau restoran, dll
Bak cuci piring	Keran		5	
Bak cuci pakaian (satu sampai tiga)	Keran	3		
Pancuran minimum	Keran air minum		2	
Pemanas air	Katup bola		2	

Sumber : Noerbambang, Soufyan & Morimura, Takeo, (2000)



(b) Untuk unit beban sampai 250 (skala gambar diperbesar)



(a) Untuk unit beban sampai 3000

Gambar 2.4. Grafik Hubungan Antara Unit Beban Alat Plambing dengan Laju Aliran

### 2.1.7 Tekanan Air Dan Kecepatan Aliran

Tekanan air yang kurang mencukupi akan menimbulkan kesulitan dalam pemakaian air. Tekanan yang berlebihan dapat menimbulkan rasa sakit terkena pancaran air serta mempercepat kerusakan peralatan plambing, dan menambah kemungkinan timbulnya pukulan air. Besarnya tekanan air yang baik berkisar dalam suatu daerah yang agak lebar dan bergantung pada persyaratan pemakai atau alat yang harus dilayani.

Tekanan minimum pada setiap saat pada titik aliran keluar harus 50 kPa (0,5 kg/cm<sup>2</sup>). Secara umum dapat dikatakan besarnya tekanan “standar” adalah 1,0 kg/cm<sup>2</sup> sedang tekanan statik 2,5 sampai 3,5 kg/cm<sup>2</sup> untuk hotel dan perumahan. Disamping itu, beberapa macam peralatan plambing tidak dapat berfungsi dengan baik kalau tekanan airnya kurang dari suatu batas minimum. Tekanan minimum yang dibutuhkan oleh alat plambing dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

**Tabel 2.6.** Tekanan Minimum Yang Diperlukan Alat Plambing

Nama Alat	Tekanan yang dibutuhkan (kg/cm <sup>2</sup> )
Katup gelontor kloset	0,7 <sup>1)</sup>
Katup gelontor peturasan	0,4 <sup>2)</sup>
Keran yang menutup sendiri	0,7 <sup>3)</sup>
Pancuran mandi dengan pancaran halus/tajam	0,7
Pancuram mandi biasa	0,35
Keran biasa	0,3

Sumber : SNI 03-7065-2005

Catatan:

<sup>1)2)</sup> Tekanan minimum yang dibutuhkan katup gelontor untuk kloset dan urinoir yang dimuat dalam tabel ini minimal adalah tekanan statik pada waktu air mengalir dan tekanan maksimal adalah 4 kg/cm<sup>2</sup>.

<sup>3)</sup> Untuk keran dengan katup yang menutup secara otomatis, kalau tekanan airnya kurang dari minimal yang dibutuhkan maka katup tidak akan dapat menutup dengan rapat, sehingga air masih akan menetes dari keran.

Untuk mencari tekanan setiap lantai digunakan rumus :

$$P = \rho \times g \times h \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :  $P$  = Tekanan ( $\text{N/m}^2$ )

$\rho$  = Kerapatan air ( $998.2 \text{ kg/m}^3$ )

$g$  = Percepatan gravitasi ( $9.81 \text{ m/s}^2$ )

$h$  = Tinggi potensial (m)

Kecepatan aliran air yang terlampau tinggi akan dapat menambah kemungkinan timbulnya pukulan air, dan menimbulkan suara berisik dan kadang-kadang menyebabkan ausnya permukaan dalam dari pipa. Biasanya digunakan standar kecepatan sebesar 0,9 sampai 1,2 m/dtk, dan batas maksimumnya berkisar antara 1,5 sampai 2,0 m/dtk. Batas kecepatan 2,0 m/dtk sebaiknya diterapkan dalam penentuan pendahuluan ukuran pipa. Pemeriksaan kecepatan aliran dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan :

$$V = \frac{4Q}{\pi \cdot D^2} \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan :  $V$  = Kecepatan aliran (m/det)

$Q$  = Laju aliran ( $\text{m}^3/\text{det}$ )

$D$  = Diameter pipa (m)

### 2.1.8 Peralatan Penyediaan Air Bersih

Terbentuknya sistem plumbing tidak terlepas karena adanya peralatan penyediaan air bersih. Peralatan penyediaan air bersih merupakan semua peralatan yang dipasang di dalam ataupun di luar gedung yang berfungsi untuk menyediakan air bersih, baik itu air bersih dingin maupun air panas serta untuk mengeluarkan air buangan. Beberapa alat penyediaan air bersih adalah sebagai berikut :

#### 2.1.8.1 Pipa

Pipa merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengalirkan fluida. Berbagai jenis pipa yang umumnya digunakan pada instalasi didalam gedung adalah sebagai berikut :

##### 1. Pipa PPR (PolyPropylene Random)

Pipa PPR adalah pipa steril dari bahan plastik Polypropilene yang tahan panas dan anti bocor. Sifat fisik dan sifat kimia yang sesuai untuk mentransfer air minum baik dingin maupun panas. Pipa PPR





Ketika air mengalir dalam pipa akan timbul kerugian-kerugian yang terjadi, kerugian terdiri atas kerugian gesek di dalam pipa dan kerugian di dalam belokan, reducer, katup dan sebagainya.

**a. Kerugian Head Mayor (Mayor Looses)**

Kerugian head mayor disebabkan oleh gesekan yang terjadi antara fluida dengan dinding pipa atau perubahan kecepatan yang dialami oleh fluida (kerugian kecil). Sebelum menghitung kerugian gesek dalam pipa, terlebih dahulu harus dikenali jenis aliran yang terjadi yaitu aliran laminar dan aliran turbulen. Untuk mengetahui jenis aliran, digunakan persamaan bilangan Reynolds :

$$Re = \frac{vxD}{\nu} \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan :  $Re$  = Bilangan Reynolds (tak berdimensi)  
 $v$  = Kecepatan rata-rata aliran dalam pipa (m/s)  
 $D$  = Diameter pipa (m)  
 $\nu$  = Viskositas kinematik zat cair (m<sup>2</sup>/s)  
 $Re < 2000$ , aliran bersifat laminar  
 $Re > 4000$ , aliran bersifat turbulen  
 $Re = 2000 - 4000$ , aliran bersifat transisi

Kerugian gesek dalam pipa dapat dihitung dengan menggunakan persamaan Darcy-Weisbach sebagai berikut :

$$hf = f \frac{Lv^2}{D \times 2g} \dots\dots\dots (2.10)$$

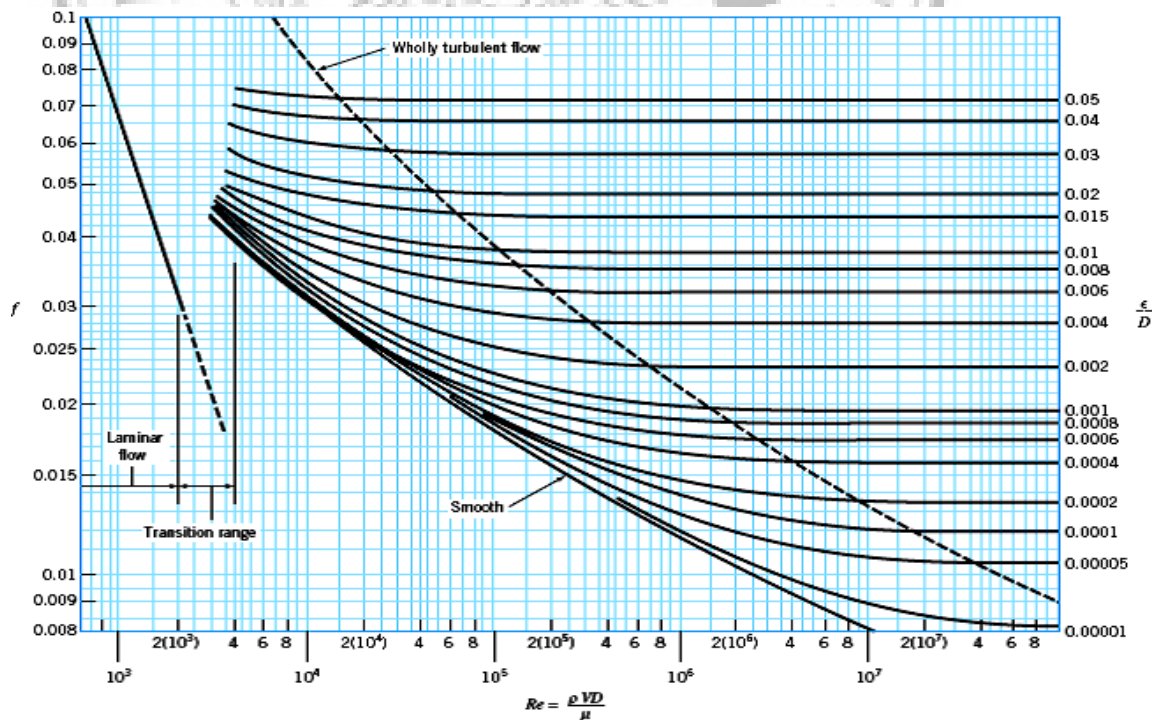
Keterangan :  $hf$  = Kerugian head karena gesekan (m)  
 $f$  = Faktor gesekan (didapat dari diagram moody)  
 $D$  = Diameter pipa (m)  
 $L$  = Panjang pipa (m)  
 $v$  = Kecepatan rata-rata aliran dalam pipa (m/s)  
 $g$  = Percepatan gravitasi (9,81 m/s<sup>2</sup>)

**Tabel 2.7.** Nilai Kekasaran Untuk Berbagai Jenis Pipa

Bahan	Kekasaran (e)	
	mm	Ft

<b>Brass</b>	0.0015	0.000005
<b>Concrete</b>		
- Steel forms, smooth	0.18	0.0006
- Good joints, average	0.36	0.0012
- Rough, visible form mark	0.6	0.002
<b>Copper</b>	0.0015	0.000005
<b>Corrugated metal (CMP)</b>	45	0.15
<b>Iron</b>		
- Asphalted lined	0.12	0.0004
- Cast	0.26	0.00085
- Ductile ; DIP-Cement mortar lined	0.12	0.0004
- Galvanized	0.15	0.0005
- Wrought	0.045	0.00015
<b>Polyvinyl Chloride (PVC)</b>	0.0015	0.000005
<b>Polyethylene High Density (HDPE)</b>	0.0015	0.000005
<b>Steel</b>		
- Enamel coated	0.0048	0.000016
- Riveted	0.9 - 9.0	0.003 - 0.03
- Seamless	0.004	0.000013
- Commercial	0.045	0.00015

Sumber : SNI 03-7065-2005



Gambar 2.5. Diagram Moody

Sumber : SNI 03-7065-2005

Menurut Hagen-Poiseuille untuk aliran laminar ( $Re < 2000$ ), faktor gesekan adalah hanya fungsi bilangan Reynolds saja. Sehingga faktor gesekan dirumuskan dengan :

$$f = \frac{64}{Re} \dots\dots\dots (2.11)$$

Namun apabila aliran bersifat turbulen persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$h_f = \lambda \frac{Lv^2}{D \times 2g} \dots\dots\dots (2.12)$$

Untuk mencari  $\lambda$  kita menggunakan formula Darcy-Weisbach untuk aliran turbulen, dengan persamaan berikut :

$$\lambda = 0.020 + \frac{0.0005}{D} \dots\dots\dots (2.13)$$

#### **b. Kerugian Head Minor (Minor Looses)**

Selain kerugian head mayor atau kerugian yang disebabkan oleh gesekan, pada suatu jalur pipa juga terdapat kerugian head minor yang diakibatkan oleh perubahan-perubahan mendadak dari geometri aliran karena perubahan ukuran pipa, belokan-belokan, katup, reducer serta berbagai jenis sambungan. Besarnya kerugian minor akibat adanya kelengkapan pipa dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$h_f = \sum n.k. \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (2.14)$$

Keterangan :  $h_f$  = Kerugian head (m)

$\sum n$  = Jumlah kelengkapan pipa

$k$  = Koefisien kerugian

$v^2$  = Kecepatan aliran dalam pipa (m/s)

$g$  = Percepatan gravitasi (9,81 m/s<sup>2</sup>)

### **Perlengkapan dan Aksesoris Pipa (SNI 03-7065-2005)**

#### **a) Flens**

Dipasang pada ujung pipa berguna sebagai penyambung pipa yang satu dengan yang lain dengan memakai baut dan mur, banyak dipergunakan pada sambungan yang tidak permanen agar mudah diperbaiki atau diganti.

#### **b) Belokan**

Digunakan untuk mengubah arah dari arah lurus dengan sudut perubahan standar yang merupakan sudut dari belokan tersebut.

#### **c) Katup (Valve)**

Ada berbagai macam katup yang dapat digunakan dalam sistem pemipaan. Untuk sistem plambing biasanya menggunakan katup sebagai berikut :

##### **1. Katup Sorong (Gate Valve)**

Katup ini mempunyai fungsi untuk menutup dan membuka instalasi pipa bila diperlukan, seperti bila ada kerusakan atau perbaikan. Katup ini biasanya dipasang pada pipa cabang dan sedekat mungkin dengan pipa utamanya.

##### **2. Katup searah (Check Valve)**

Katup ini digunakan untuk aliran searah sehingga dapat mencegah arus balik dari air yang telah dipompakan pada saat aliran listrik mati.

##### **3. Global Valve**

Katup ini mempunyai fungsi sama dengan gate valve, fungsinya untuk mengatur atau membatasi laju aliran pada pipa cabang.

### **2.1.8.2 Tangki Air**

Pada sistem plambing gedung – gedung bertingkat memerlukan peralatan penampung air yang dapat memenuhi kebutuhan air bersih secara terus menerus. Tangki yang digunakan untuk menyediakan air bersih harus mampu menjaga kualitas air. (SNI 03-7065-2005)

**a. Tangki Air Bawah (Ground Reservoir Tank)**

Tangki air bawah merupakan tempat penampungan air yang biasanya terdapat pada lantai bawah bangunan atau basement. Seluruh air yang berasal dari sumber PDAM dan Deep Wheel ditampung terlebih dahulu pada tangki air bawah.

- Untuk tangki air yang hanya digunakan menampung air, kapasitas tangki dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$V_R = Q_d - (Q_s \times T) \dots \dots \dots (2.15)$$

- Untuk tangki air yang juga berfungsi menyimpan air untuk pemadam kebakaran, dapat dihitung dengan :

$$V_R = Q_d - (Q_s \times T) + V_F \dots \dots \dots (2.16)$$

Keterangan,  $V_R$  = Volume tangki air ( $m^3$ )

$Q_d$  = Jumlah kebutuhan air per hari ( $m^3$ /hari)

$Q_s$  = Kapasitas pipa dinas ( $m^3$ /jam)

$T$  = Rata – rata pemakaian air per hari (jam/hari)

$V_F$  = Cadangan air untuk pemadam kebakaran ( $m^3$ )

**b. Tangki Air Atas (Roof Tank)**

Tangki atas dimaksudkan untuk menampung kebutuhan puncak, dan biasanya disediakan dengan kapasitas cukup untuk jangka waktu kebutuhan puncak tersebut yaitu sekitar 30 menit. Dalam keadaan tertentu dapat terjadi bahwa kebutuhan puncak dimulai pada saat muka air terendah dalam tangki atas, sehingga perlu diperhitungkan jumlah air yang dapat dimasukkan dalam waktu 10 sampai 15 menit oleh pompa angkat. Kapasitas tangki atas dinyatakan dengan rumus (SNI 03-7065-2005) :

$$V_E = (Q_p - Q_{\max}) T_p + Q_{pu} \times T_{pu} \dots \dots \dots (2.17)$$

Keterangan,  $V_E$  = Kapasitas efektif tangki atas ( $m^3$ )

$Q_P$  = Kebutuhan puncak ( $m^3$ /s)

$Q_{\max}$  = Kebutuhan jam puncak ( $m^3$ /s)

$Q_{PU}$  = Kapasitas pompa pengisi ( $m^3$ /s)

$T_p$  = Jangka waktu kebutuhan puncak (menit)

$T_{PU}$  = Jangka waktu kerja pompa pengisi (menit)

### 2.1.8.3 Pompa

Untuk keperluan mengalirkan dan menaikkan air ke tangki atas maka diperlukan pompa. Perencanaan pompa harus mampu memberikan debit aliran air dan tekanan yang memadai. Terdapat dua macam pompa yang biasa digunakan pada sistem penyediaan air bersih, yaitu pompa angkat dan pompa booster. (SNI 03-7065-2005)

#### a. Pompa Angkat (Pompa Supply)

Pompa angkat atau pompa transfer merupakan sebuah pompa yang digunakan untuk menghisap air dari tangki air bawah ke tangki air atas. Jenis pompa angkat yang biasa digunakan adalah pompa sentrifugal. Dalam suatu sistem dengan tangki atas biasanya kapasitas pompa angkat diambil sama dengan kebutuhan air pada jam puncak ( $Q_{h_{max}}$ ). Untuk mencari besar head pompa yang dibutuhkan dapat digunakan persamaan bernouli sebagai berikut :

$$H = H_a + \Delta H_p + H_i + \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (2.18)$$

Keterangan :

- Tinggi Potensial ( $H_a$ ) :  
Tinggi potensial adalah jarak antara permukaan air tangki atas dengan permukaan air tangki bawah dalam gedung.

- Perbedaan Head Tekanan pada Kedua Permukaan Air ( $\Delta H_p$ )

Karena P1 dan P2 merupakan tangki terbuka, maka P1 dan P2 = 0, sehingga :

$$\Delta H_p = HP_2 - HP_1 = 0 \text{ m} \dots\dots\dots (2.19)$$

- Kerugian head pada pipa ( $H_i$ )

- Tekanan kecepatan pada lubang keluar pipa ( $\frac{v^2}{2g}$ )

Setelah mendapatkan besar head pompa angkat, kemudian dihitung besar daya pompa dengan menggunakan rumus :

$$N_h = (0.163) (Q) (H) (\gamma) \dots\dots\dots (2.20)$$

Keterangan,  $H$  = Tinggi angkat total (m)

$Q$  = Kapasitas pompa ( $m^3$ /menit)

$\gamma$  = Berat spesifik (kg/liter)

#### **b. Pompa Booster**

Pompa *booster* digunakan untuk mendistribusikan air pada lantai 5 sampai roof floor. Untuk pompa ini tidak perlu dihitung head total, karena yang penting untuk pompa ini adalah tekanan yang mampu dihasilkan. Untuk memenuhi tekanan minimum alat-alat plambing maka tekanan pompa booster yang digunakan sebesar  $2 \text{ kg/cm}^2$  atau  $196000 \text{ N/m}^2$ . Kapasitas pompa booster dapat ditentukan dengan jumlah penghuni yang menempati lantai 5.

$$Q = n \times \text{kebutuhan air rata-rata} \dots\dots\dots (2.21)$$

Keterangan :  $Q$  = Kapasitas pompa angkat ( $m^3$ /menit)

$n$  = Jumlah pemakai (orang)

### **2.2 Klasifikasi Sistem Pembuangan Air**

Sistem pembuangan air dibagi menjadi beberapa klasifikasi bagian, diantaranya (*SNI 03-7065-2005*):

#### **a. Klasifikasi menurut jenis air buangan**

- a. Sistem pembuangan air kotor adalah sistem pembuangan yang berasal dari kloset dan lain-lain yang dikumpulkan dan dialirkan keluar.
- b. Sistem pembuangan air bekas adalah pembuangan yang berasal dari air bekas yang dikumpulkan dan dialirkan keluar.
- c. Sistem pembuangan air hujan adalah sistem pembuangan air hujan dari atap gedung dan pekarangan yang dikumpulkan dan dialirkan.

#### **b. Klasifikasi menurut cara pembuangan air**

- a. Sistem campuran  
Yaitu sistem pembuangan di mana air kotor dan air bekas dikumpulkan dan dialirkan ke dalam satu saluran.
- b. Sistem terpisah



Yaitu sistem pembuangan, di mana air kotor dan air bekas masing-masing dikumpulkan dan dialirkan secara terpisah. Untuk daerah dimana tidak tersedia riol umum yang dapat menampung air bekas maupun air kotor, maka sistem pembuangan air kotor akan disambungkan ke instalasi pengolahan air kotor terlebih dahulu.

**c. Klasifikasi menurut letaknya**

- a. Sistem pembuangan dalam gedung yaitu sistem pembuangan yang terletak dalam gedung, sampai jarak satu meter dari dinding paling luar gedung tersebut.
- b. Sistem pembuangan di luar gedung yaitu sistem pembuangan di luar gedung, dinding paling luar gedung tersebut sampai ke riol umum.

**d. Klasifikasi menurut cara pengaliran**

- a. Sistem gravitasi  
Dimana air buangan mengalir dari tempat yang lebih tinggi secara gravitasi ke saluran umum yang letaknya lebih rendah.
- b. Sistem bertekanan  
Dimana saluran umum letaknya lebih tinggi dari letak alat-alat plambing sehingga air buangan dikumpulkan lebih dahulu dalam suatu bak penampung kemudian dipompakan keluar ke dalam riol umum.

**2.2.1 Elemen Sistem Pembuangan**

**2.2.1.1 Pipa Pembuangan**

Pipa pembuangan alat plambing adalah pipa yang menghubungkan pipa pembuangan dengan pipa pembuangan lainnya. Pipa ini biasanya dipasang tegak dan ukurannya sama atau lebih besar dengan ukuran lubang keluar perangkat alat plambing. Berikut macam - macam pipa dalam sistem pembuangan :

- a. Pipa cabang mendatar adalah semua pipa yang menghubungkan antara pipa pembuangan alat plambing dengan pipa tegak air buangan.
- b. Pipa tegak air buangan adalah pipa tegak untuk mengalirkan air buangan dari cabang-cabang mendatar.
- c. Pipa tegak air kotor adalah pipa tegak untuk mengalirkan air kotor dari cabang-cabang mendatar.

- d. Pipa atau saluran pembuangan gedung adalah pipa pembuangan dalam gedung yang mengumpulkan air kotor, air bekas, dan air hujan dari pipa-pipa tegak air buangan.
- e. Riol gedung adalah pipa di halaman gedung yang menghubungkan antara pembuangan gedung dengan instalasi pengolahan atau dengan riol umum.

Pipa pembuangan harus mempunyai ukuran dan kemiringan yang cukup, sesuai dengan banyaknya dan jenis air buangan yang harus dialirkan. Kemiringan pipa dapat dibuat sama atau lebih dari satu per diameter pipanya (dalam mm).

**Tabel 2.8.** Kemiringan Pipa Pembuangan Horisontal

<b>Diameter pipa (mm)</b>	<b>Kemiringan Minimum</b>
<b>75 atau kurang</b>	1 / 50
<b>100 atau kurang</b>	1 / 100

*Sumber : Noerbambang, Soufyan & Morimura, Takeo, (2000)*

Kecepatan terbaik dalam pipa berkisar antara 0.6 sampai 1.2 m/detik. Kemiringan pipa pembuangan gedung dan riol gedung dapat dibuat lebih landai daripada yang dinyatakan dalam tabel 2.8. asal kecepatannya tidak kurang dari 0.6 m/detik. Jika kecepatan kurang dari 0.6 m/detik maka kotoran dalam air buangan dapat mengendap sehingga pipa akan tersumbat. Kemiringan yang lebih curam dari 1/50 cenderung akan menimbulkan efek sifon yang akan menyedot air penutup dalam perangkat alat plambing. Diameter pipa pembuang sangat berpengaruh dalam menentukan kemiringan serta kecepatan aliran dalam pipa.

**Tabel 2.9.** Diameter Minimum, Perangkat dan Pipa Buangan Alat Plambing

<b>No</b>	<b>Alat Plambing</b>	<b>Diameter Perangkat Minimum (mm)</b>	<b>Diameter Pipa Buangan Alat Plambing Minimum (mm)</b>
<b>1</b>	Kloset	75	75
<b>2</b>	Peturasan		

	- Tipe menempel dinding	40	40
	- Tipe gantung di dinding	40 – 50	40 - 50
	- Tipe dengan kaki, siphon jet atau blow-out	75	75
	- Untuk umum : untuk 2 orang	50	50
	untuk 3 - 4 orang	65	65
	untuk 5 - 6 orang	75	75
<b>3</b>	Bak cuci tangan (Lavatory)	32	32 - 40
<b>4</b>	Bak cuci tangan (wash bashin)		
	- Ukuran biasa	32	32
	- Ukuran kecil	25	25
<b>5</b>	<b>Bak cuci, praktek dokter gigi, salon dan tempat cukur</b>	<b>32</b>	<b>32 - 40</b>
<b>6</b>	Pancuran minum	32	32
<b>7</b>	Bak mandi		
	- Berendam (bath tub)	40 – 50	40 - 50
	- Model jepang (untuk dirumah)	40	40 - 50
	- Untuk umum	50 – 75	50 - 75
<b>8</b>	Pancuran mandi (dalam ruangan)	50	50
<b>9</b>	Bidet	32	32
<b>10</b>	Bak cuci, untuk pel	65	65
	- Ukuran besar	75 - 100	75 - 100
<b>11</b>	Bak cuci pakaian	40	40
<b>12</b>	Kombinasi bak cuci biasa dan bak cuci pakaian	50	50
<b>13</b>	Kombinasi bak cuci tangan, untuk 2 - 4 orang	40 – 50	40 - 50
<b>14</b>	Bak cuci tangan, rumah sakit	40	40 - 50
<b>15</b>	Bak cuci, laboratorium kimia	40 – 50	40 - 50
<b>16</b>	Bak cuci, macam-macam		
	- Dapur, untuk rumah	40 – 50	40 - 50
	- Hotel, Komersial	50	50
	- Bar	32	32
	- Dapur kecil, cuci piring	40 – 50	40 - 50
	- Dapur, untuk cuci sayuran	50	50
	- Penghancur kotoran (disposer) untuk rumah	40	40
	- Penghancur kotoran (disposer) besar (untuk restoran)	50	50
<b>17</b>	Buangan Lantai (floor drain)	40 – 75	40 - 75

Sumber : Noerbambang, Soufyan & Morimura, Takeo, (2000)

Untuk menentukan diameter pipa pembuang diperlukan nilai unit alat plambing untuk berbagai jenis alat plambing. Apabila jenis alat plambing yang direncanakan sesuai, maka ukuran pipa pembuang dapat ditentukan berdasarkan jumlah nilai unit alat plambing yang dilayani pipa yang bersangkutan.

**Tabel 2.10.** Unit Alat Plambing Sebagai Beban, Setiap Alat atau Kelompok

No	Alat Plambing	Diameter Perangkap Minimum (mm)	Unit Alat Plambing Sebagai Beban
1	Kloset : tangki gelontor	75	4
	katup gelontor		8
2	Peturasan		
	- Tipe menempel dinding	40	4
	- Tipe gantung di dinding	40 – 50	4
	- Tipe dengan kaki, siphon jet atau blow-out	75	8
	- Untuk umum, model palung setiap 0.60 m		2
3	Bak cuci tangan (Lavatory)	32	1
4	Bak cuci tangan (wash bashin)		
	- Ukuran biasa	32	1
	- Ukuran kecil	25	0.5
5	Bak cuci, praktek dokter gigi,	32	1
	- alat perawatan gigi	32	0.5
6	Bak cuci, salon dan tempat cukur	32	2
7	Pancuran minum	32	0.5
8	Bak mandi		
	- Berendam (bath tub)	40 – 50	3
	- Model jepang (untuk dirumah)	40	2
	- Untuk umum	50 – 75	4 – 6
9	Pancuran mandi :		
	- untuk rumah	50	2
	- untuk umum, tiap pancuran		3
10	Bidet	32	3
11	Bak cuci, untuk pel	75 – 100	8
12	Bak cuci pakaian	40	2

<b>13</b>	Kombinasi bak cuci biasa dan bak cuci pakaian	50	3
<b>14</b>	Kombinasi bak cuci dapur dengan penghancur kotoran	40 (terpisah)	4
<b>15</b>	Bak cuci tangan, kamar bedah		
	- Ukuran besar		2
	- Ukuran kecil		1.5
<b>16</b>	Bak cuci, laboratorium kimia	40 – 50	1.5
<b>17</b>	Bak cuci, macam-macam		
	- Dapur, untuk rumah	40 – 50	2 – 4
	- Dapur, dengan penghancur makanan, untuk rumah	40 – 50	3
	- Hotel, Komersial	50	4
	- Bar	32	1.5
	- Dapur kecil, cuci piring	40 – 50	2 – 4
<b>18</b>	Mesin cuci		
	- Untuk rumah	40	2
	- Paralel, dihitung setiap orang	-	0.5
<b>19</b>	Buangan Lantai (floor drain)	40	0.5
		50	1
		75	2
<b>20</b>	Kelompok alat plambing dalam kamar mandi terdiri dari satu kloset, satu bak cuci tangan, satu bak mandi rendam atau satu pancuran mandi :		
	- Dengan kloset tangki gelontor		6
	- Dengan kloset katup gelontor		8
<b>21</b>	Pompa penguras (sump pump), untuk setiap 3.8 liter/min		2

*Sumber : Noerbambang, Soufyan & Morimura, Takeo, (2000)*

**Tabel 2.11.** Beban Maksimum Unit Alat Plambing yang Diizinkan, Untuk Cabang Horisontal dan Pipa Tegak Buangan.

Diameter Pipa	Beban Maksimum Unit Alat Plambing yang Diizinkan, untuk Cabang Horisontal dan Pipa Tegak Buangan											
	Cabang Mendatar			Satu pipa tegak setinggi 3 tingkat, atau untuk 3 interval			Pipa tegak dengan tinggi lebih dari 3 tingkat					
							Jumlah untuk satu pipa tegak			Jumlah untuk cabang satu tingkat		
(mm)	Unit alat plambing (praktis)	Reduksi (%)	Unit alat plambing (NPC)	Unit alat plambing (praktis)	Reduksi (%)	Unit alat plambing (NPC)	Unit alat plambing (praktis)	Reduksi (%)	Unit alat plambing (NPC)	Unit alat plambing (praktis)	Reduksi (%)	Unit alat plambing (NPC)
<b>32</b>	1	100	1	2	100	2	2	100	2	1	100	1
<b>40</b>	3	100	3	4	100	4	8	100	8	2	100	2
<b>50</b>	5	90	6	9	90	10	24	100	24	6	100	6
<b>65</b>	10	80	12	18	90	20	48	90	42	9	100	9
<b>75</b>	14	70	20	27	90	30	54	90	60	14	90	16
<b>100</b>	96	60	160	192	80	240	400	80	500	72	80	90
<b>125</b>	216	60	360	432	80	540	880	80	1100	160	80	200
<b>150</b>	372	60	620	768	80	960	1520	80	1900	280	80	350
<b>200</b>	840	60	1400	1760	80	2200	2880	80	3600	480	80	600
<b>250</b>	1500	60	2500	2660	70	3800	3920	70	5600	700	70	1000
<b>300</b>	2340	60	3900	4200	70	6000	5880	70	8400	1050	70	1500
<b>375</b>	3500	50	7000	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Sumber : Noerbambang, Soufyan & Morimura, Takeo, (2000)

### 2.2.1.2 Instalasi Plumbing Sistem Air Kotor dan Air Bekas

Sistem instalasi air kotor atau sistem pembuangan air limbah merupakan sistem instalasi untuk mengalirkan air buangan yang berasal dari peralatan sanitasi closet dan urinoir. Sistem instalasi ini kemudian diteruskan ke septic tank, atau di olah dalam bio septic tank atau instalasi pengolahan air limbah (IPAL), hingga akhirnya menuju saluran kota. Sistem pembuangan air bekas merupakan instalasi untuk mengalirkan air buangan yang berasal dari peralatan saniter: wastafel, FD (floor drain), pantry, dan kitchen zink. Instalasi air bekas pada umum memiliki instalasi tersendiri yang berbeda dengan instalasi air kotor. Pada gedung-gedung yang lebih besar, misalnya mall atau hotel, instalasi yang berasal dari kitchen dipisahkan dan mempunyai instalasi sendiri yang kemudian dialirkan hingga ke grease trap. Sistem air bekas juga biasanya dialirkan ke sistem pengolahan air limbah (IPAL) atau ada juga yang langsung dialirkan ke saluran kota, jika tidak membahayakan.

*Sumber :Teguh Hambudi,Visimedia (2015)*

### 2.2.1.3 Lubang pembersih dan bak kontrol

Lubang pembersih digunakan untuk membersihkan pipa pembuangan gedung dan diluar gedung dipasang bak kontrol pada riol gedung. Lubang pembersih harus dipasang pada tempat yang mudah dicapai dan disekililingnya cukup luas untuk dilakukan pembersihan pipa. Sedangkan bak kontrol dipasang dimana pipa bawah tanah membelok tajam, berubah diameternya, dan bercabang. (SNI 03-7065-2005)

### 2.2.1.4 Perangkap dan Interseptor

Suatu perangkat yang dipasang biasanya berbentuk "U" yang akan menahan bagian terakhir dari air penggelontor sehingga merupakan suatu penyekat atau penutup air yang mencegah masuknya gas yang berbau ataupun beracun. Perangkat alat plambing dapat dikelompokan sebagai berikut (SNI 03-7065-2005):

1. Yang dipasang pada alat plambing
2. Yang dipasang pada pipa pembuangan

### 3. Yang menjadi satu dengan alat plambing

Interceptor (penangkap) digunakan untuk mencegah masuknya bahan-bahan yang berbahaya yang dapat menyumbat pipa, karena terkadang air buangan dari proses masih mengandung bahan yang cukup berharga sehingga perlu dipasang penangkap untuk mengambil kembali bahan tersebut. Jenis penangkap adalah :

1. Penangkap lemak
2. Penangkap minyak
3. Penangkap pasir
4. Penangkap rambut
5. Penangkap gips
6. Penangkap pada tempat cuci pakaian

#### 2.2.1.5 BIO Septic Tank

Untuk proses pengolahan air limbah hotel, jumlah air limbah maupun konsentrasi polutan organik sangat berfluktuasi. hal ini dapat menyebabkan proses pengolahan air limbah tidak dapat berjalan dengan sempurna. Untuk mengatasi hal tersebut adalah melengkapi dengan unit Bio Septic Tank. Bio septic tank termasuk jenis tempat pembuangan limbah yang paling banyak digunakan saat ini. Bio septic tank lebih ramah lingkungan dibandingkan septic tank konvensional. Setiap hari manusia selalu menghasilkan limbah yang banyak. Jika tidak menggunakan tempat pembuangan yang tepat, akan membuat limbah manusia semakin menumpuk dan tidak terurai. Di septic tank konvensional, tidak ada sistem penyaringan. Jadi limbah hanya akan terendam saja. Sedangkan di bio septic tank ada sistem penyaringan, yang membuat hasilnya lebih ramah lingkungan.

Untuk menghitung volume tampungan bak ekualisasi, diperlukan perkiraan volume air buangan yang dihasilkan oleh gedung tersebut. Karena pada perhitungan volume air limbah tidak terpaut dengan koefisien apapun, maka dapat dihitung dengan menjumlahnya setiap lantai. (SNI 03-7065-2005)

$$Q_{ab} = Q_d \text{ total} \cdot 80\% \dots\dots\dots (2.22)$$



Keterangan,  $Q_{ab}$  = Volume air buangan ( $m^3/hari$ )

$Q_d$  = Jumlah debit total ( $m^3/hari$ )

Waktu tinggal didalam bak ekualisasi atau Hydraulic Retention Time (HRT) umumnya berkisar antara 6 - 10 jam, sehingga untuk menghitung volume bak ekualisasi yang diperlukan adalah sebagai berikut :

$$\text{Volume Sum Pit} = \frac{HRT}{24} \times a \dots\dots\dots (2.23)$$

Keterangan, HRT = Hydraulic retention time (jam)

$a$  = Volume air buangan ( $m^3/hari$ )

#### 2.2.1.5.1 Tahapan Cara Kerja Bio Septic Tank

Dengan Bio septic tank, limbah kotoran akan diurai menjadi cairan yang lebih bersih dan jika dialirkan ke saluran pembuangan, tetap aman dan ramah lingkungan. Setelah bio septic tank ditanam di dalam tanah. Sambungkan dengan pipa pembuangan yaitu pipa air yang masuk dan keluar. Pipa masuk berarti pipa dari dalam bangunan, kemudian pipa keluar berarti pipa untuk mengeluarkan hasil air yang sudah bersih dan dibuang ke sumur resapan. Untuk lebih jelasnya berikut ini cara kerja bio septic tank yang harus anda ketahui. Langkah-langkah yang terjadi dalam Bio Septic Tank :

- a). Cara kerja bio septic tank yang pertama adalah tahap filterisasi. Setelah limbah masuk ke dalam bio septic tank lewat pipa inlet. Limbah akan langsung dalam pengendapan awal, jika air mengandung pasir, pasir akan mengendap di dasar ruangan ini, sedangkan lapisan minyak karena berat jenisnya lebih ringan akan mengambang di ruang penangkap lemak.
- b). Selanjutnya limbah akan langsung di filterisasi oleh *Equalisation* , disini akan terjadi proses penyaringan limbah. Selain itu disini sebagai tempat tumbuh kembang bakteri pengurai.

- c). Cara kerja bio septic tank selanjutnya adalah tahap filterasi ketiga dengan menggunakan media honeycomb. Limbah akan diuraikan oleh bakteri, sehingga hasilnya lebih bersih dan tidak bau.
- d). Ini lah salah satu kelebihan dari bio septic tank, tidak hanya menyaring dalam satu tahap, penyaringan keempat ini menggunakan media bioball. Pada tahap ini konsentrasi membersihkan sampai benar-benar bersih dan menjadi cairan yang ramah lingkungan.
- e). Proses yang terakhir adalah proses pengendapan akhir dan juga proses penyaringan dengan media biofilter lalu penjernihan oleh klorin. Selain dijernihkan, bakteri yang terdapat didalam limbah akan dibunuh. Sehingga air limbahnya lebih bersih dan jernih.

#### **2.2.1.6 Pompa Air Limbah**

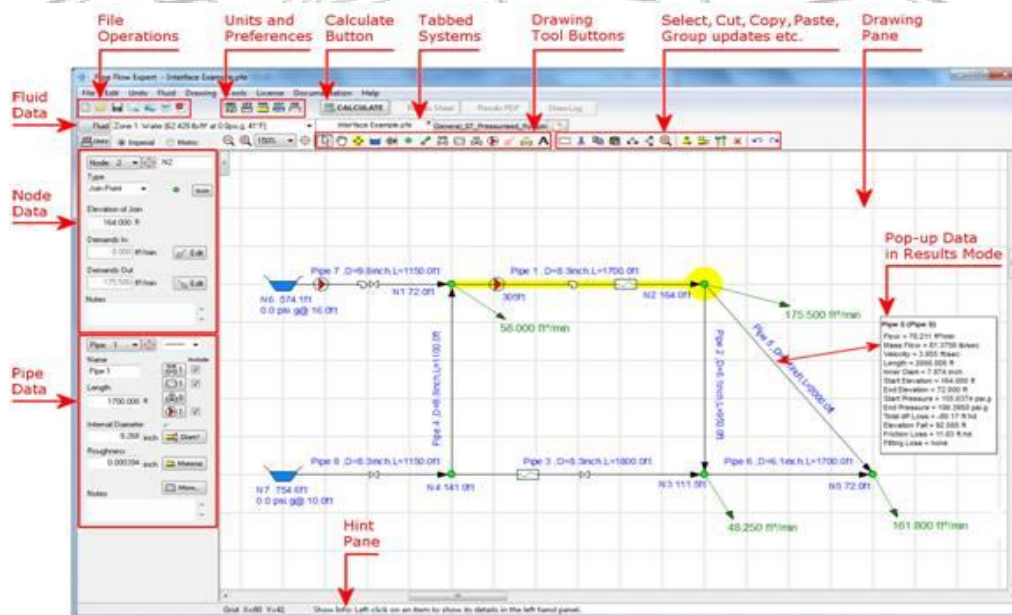
Terdapat dua tipe pompa air limbah yang sering digunakan dalam sistem pengolahan air limbah yaitu tipe pompa celup/benam (*submersible pump*) dan pompa sentrifugal. Pompa submersible dengan grinder merupakan jenis pompa yang sering digunakan, karena grinder merupakan sebuah perangkat mekanis yang berfungsi menghancurkan padatan atau mencabik - cabik limbah. Setelah menghancurkan padatan, pompa akan mentransfer air limbah ke dalam bak pengolah air limbah atau *sewage treatment plant* (STP). (SNI 03-7065-2005).

### **2.3 Pipe Flow Expert**

Pipe flow expert adalah software untuk mempermudah ENGINEER menganalisis jaringan pipa yang kompleks sehingga diperoleh hasil perilaku aliran dalam pipa. Pipe Flow Expert produksi dari [www.pipeflow.co.uk](http://www.pipeflow.co.uk) (negara inggris), dibuat untuk membantu *Engineer* dalam menganalisa dan menyelesaikan permasalahan aliran dalam pipa incompressible / fluid flow baik mengenai kecepatan aliran, perubahan tekanan dan lain-lain pada seluruh jaringan pipa. Jaringan pipa dapat tertutup maupun jaringan terbuka. Penggunaannya misalnya dalam masalah :

1. Jaringan pipa HVAC, atau
2. jaringan pemadam kebakaran dalam struktur bangunan,
3. jaringan penyediaan air bersih dalam bangunan gedung bertingkat banyak,
4. jaringan pipa PDAM
5. jaringan pipa pertamnian
6. jaringan pemipaan dalam kontruksi bangunan pabrik yang berkaitan dengan fluida
7. dan lain-lain

Bagian ini menjelaskan berbagai fitur antarmuka Pakar Aliran. Untuk setiap fitur, ada penjelasan, screen shot dan tabel yang memberikan deskripsi untuk setiap elemen fitur. Bagian yang mengikuti bagian ini memberikan petunjuk penggunaan aplikasi *Pipe Flow Expert*.



Gambar 2.6. Bagian-bagian dari software *Pipe flow expert*

### 2.3.1 Teori Perhitungan dan Metode Solusi

Program Pakar Aliran Pipa akan memungkinkan Anda menggambar sistem pipa yang kompleks dan menganalisa fitur sistem saat aliran terjadi. Ahli Aliran Pipa menghitung kondisi aliran dan tekanan seimbang yang seimbang dari sistem. Hasil yang dilaporkan meliputi laju alir untuk masing-masing pipa, kecepatan fluida untuk masing-masing pipa, bilangan Reynolds, faktor

gesekan, kehilangan tekanan gesekan untuk setiap pipa, fitting, tekanan kehilangan, tekanan pada titik bergabung (nodus), HGL (garis hidrolik) , titik operasi pompa dan banyak lagi. Sistem pipa dimodelkan dengan menggambar titik bergabung dan pipa penghubung pada panel gambar. Garis horisontal, vertikal atau miring dapat digunakan untuk menghubungkan satu simpul ke node lain.

Data fisik tentang sistem ini kemudian dimasukkan, dan biasanya ini termasuk:

- Ukuran internal, kekasaran internal dan panjang masing-masing pipa penghubung.
- Elevasi masing-masing node (join point).
- In-flow dan Out-flow pada setiap node (jika ada).
- Ketinggian, tingkat cairan dan data tekanan permukaan untuk setiap tangki.
- Data kinerja untuk masing-masing pompa.